



**You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the University of Silesia in Katowice**

Title: Formirovanie ekosistem na antropogenno preobrazovannyh territoriah (na primere zolootvalov teploelekrostancii)

Author: Ojmahmad Rahmonov, Tadeus Sipek, Tomas Parusel'

Citation style: Rahmonov Ojmahmad, Sipek Tadeus, Parusel' Tomas. (2012). Formirovanie ekosistem na antropogenno preobrazovannyh territoriah (na primere zolootvalov teploelekrostancii). "Geogr. Studia et Dissertationes" (T. 34 (2012), s. 57-[75]).



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

ОЙМАХМАД РАХМОНОВ*, ТАДЕУШ ЩИПЕК*,
ТОМАШ ПАРУСЕЛЬ*

Формирование экосистем на антропогенно преобразованных территориях (на примере золоотвалов теплоэлектростанции)

Аннотация

Территории, подлежащие интенсивной антропогенной деятельности, отличаются значительной степенью деградации природной среды, когда преобразованиям часто подвергаются все ее составляющие. Полное уничтожение первичной растительности и почвенного покрова вследствие антропогенного прессинга, ведущее к нарушению функционирования экосистем, наблюдается в южной части Польши. Ярким примером может служить золоотвал тепловой электростанции Явожно III. На данной территории осуществлен цикл разносторонних геоботанических и экологических исследований. Результаты исследований указывают на дифференциацию растительности, обусловленную мозаикой биотопов и микробиотопов. Выявлен также широкий спектр дифференциации экологических условий, характерных для данного экстремального биотопа. Геоботанический анализ флоры указывает на принадлежность таксонов к разным синтаксономическим группам. Направление сукцессии растительности связано с микрорельефом субстрата, а также с его гранулометрическим составом и физико-химическими свойствами. Почвы золоотвала имеют чисто антропогенное происхождение, материнские породы образованы золой теплоэлектростанции и отвалами горнодобывающей деятельности.

Введение

Экосистемы на антропогенно преобразованных территориях развиваются как при участии человека, так и путем спонтанной сукцессии растительности. В первом случае, деятельность регулируется законами, а также контролируется и финансируется определенными учреждениями (Ustawa – Prawo

* Силезский университет, Факультет наук о Земле, ул. Бендзинска 60, 41-200 Сосновец.

geologiczne..., 1994; Ustawa o ochronie gruntów..., 1995). В случае отказа от последующей рекультивации, деградированные территории не представляют особого интереса для научных исследований. Из-за этого, до сих пор наблюдениям за экологической сукцессией на территориях золоотвалов уделялось мало внимания (Drużkowski et al., 1977; Oleś, Rahmonov, 2002; Oleś et al., 2004; Rahmonov et al., 2010b). В большинстве случаев исследовались территории, деградированные вследствие горнодобывающей деятельности и складирования горношахтных отходов (Woźniak, 2001, 2006; Rostański, 2006).

Цель настоящей статьи – определить на примере комплекса золоотвалов теплоэлектростанции Явожно III: 1) характер фитоценоза, 2) его видовую дифференциацию, а также 3) отношения „растительность – формирующаяся почва”.

Территория исследований

Комплекс исследуемых золоотвалов находится в южной части Силезской возвышенности, в административных границах г. Мысловице (координаты: 19°12'2" Е, 50°11'16" N – рис. 1). Общая площадь отвалов – 2,1 км². Геологический субстрат сложен отложениями верхнего карбона с залегающими на них водно-ледниковыми песками и гравием плейстоцена, а также голоценовым аллювием долины р. Пшемша. Климатические условия участка исследований типичны как для Силезской возвышенности в целом: среднегодовая температура воздуха 7–8°C, средняя годовая сумма атмосферных осадков – 700–800 мм, средняя продолжительность снежного покрова – 80 суток, средняя продолжительность вегетационного периода 210–220 суток (Czylok, Gadek, Тус, 2002; Kondracki, 2009). Территория исследований непосредственно примыкает к строениям теплоэлектростанции Явожно III, являющейся источником золы, складированной здесь, как в прошлом, так и в настоящее время, методом золо-водяного эмульгата (Łączny, Adamski, 2002). Зола направляется на отвалы по системе трубопроводов.

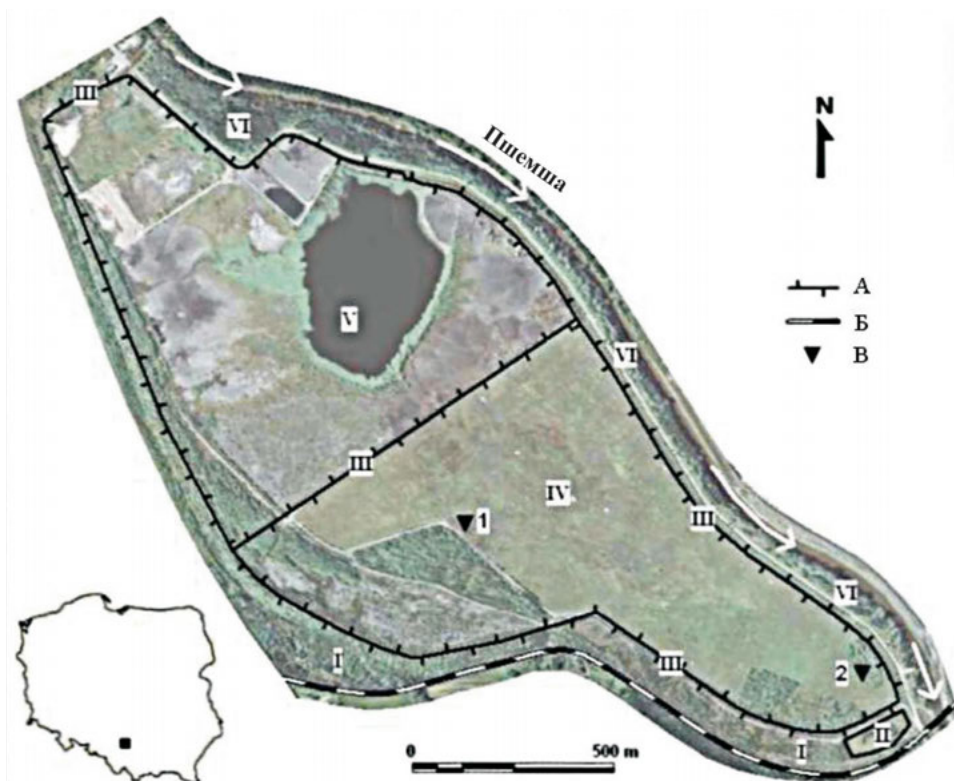


Рис. 1. Объект исследований:

А – валы золоотвала, Б – железная дорога, В – локализация почвенных профилей; зоны золоотвала: I – гряда-вал с железной дорогой, II – небольшой бетонный отстойник, III – вал главного золоотвала, IV – чаша рекультивированного отвала, V – чаша действующего отстойника, VI – деревья в зоне вал – река Пршемша (на основании спутниковых изображений Google Maps)

Рис. 1. Obiekt badań:

А – wały składowiska, Б – linia kolejowa, В – lokalizacja profili glebowych; strefy składowiska: I – strefa linia kolejowa – wał, II – mały osadnik betonowy, III – wał głównego składowiska, IV – misa głównego składowiska – część zrehabilitowana, V – misa głównego osadnika – część czynna, VI – zadrzewienia w strefie wał – rzeka Przemsza (opracowanie własne na podstawie zdjęć satelitarnych Google Maps)

Материал и методика исследований

Зола складывается в прудах-отстойниках, устроенных на территории бывшего песчаного карьера. Ею усыпают днища отстойников, ограниченных береговыми валами, а затем перекрывают мощным слоем горношахтных отходов (в основном угольными сланцами), на поверхности которых, в даль-

нейшем, складывается почвенный материал с преобладанием органического вещества (гумуса). Так подготовленный субстрат пригоден как для биологической рекультивации, так и для процессам естественной сукцессии растительности.

Экологические и геоботанические исследования проводились как в пределах полностью рекультивированного золоотвала, так и на участке функционирующего (эксплуатируемого) отстойника. Вдоль отвала были проложены трансекты, а на основании дифференциации антропогенного рельефа и типа растительности выделены соответствующие биотопы. Были составлены видовые списки растений и проведены биотопные наблюдения. В основу оценки экологической дифференциации видов относительно экологических и геоботанических параметров были положены соответствующие экологические показатели (Zarzycki et al., 2002). Таксономическая принадлежность видов определялась на основании публикации Я. Матушкевича (Matuszkiewicz, 2008).

Морфология почв изучалась в местах с хорошо развитой – в сравнении с другими участками исследуемого объекта – растительностью.

Результаты

В пределах анализируемого золоотвала теплоэлектростанции Явужно III выявлены 6 зон (табл. 1, рис. 1): I) гряда-вал с железной дорогой, II) небольшой бетонный отстойник, III) вал главного золоотвала, IV) чаша рекультивированного отвала, V) чаша действующего отстойника, VI) деревья в зоне вал – река Пшемша. Они морфологически отличаются друг от друга и, одновременно, репрезентируют биотопы разных растительных сообществ.

ТАБЛИЦА 1

Флора сосудистых растений золоотвала

TABELA 1

Flora roślin naczyniowych składowiska

| Виды | Экологические показатели | | | Зоны золототвала | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|----------|----------|------------------|----|-----|----|---|----|
| | <i>D</i> | <i>H</i> | <i>M</i> | I | II | III | IV | V | VI |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| <i>Achillea millefolium</i> L. | 4 | 1–2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Agrostis canina</i> L. | 4 | 3 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn. | 5 | 3 | · | + | – | – | – | – | + |
| <i>Arctium lappa</i> L. | 4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Arctium tomentosum</i> Mill. | 4 | 2 | · | – | – | – | + | – | – |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|-----|-----|---|---|---|---|---|---|----|
| <i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C. Presl | 4 | 2 | 1 | – | – | + | – | – | – |
| <i>Artemisia absinthium</i> L. | 3 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Artemisia vulgaris</i> L. | 4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth | 4 | 2 | · | – | – | – | – | – | + |
| <i>Berteroa incana</i> (L.) DC. | 3 | 1 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Betula pendula</i> Roth | 3–4 | 1–2 | · | + | + | – | + | – | + |
| <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth | 3 | 1 | 1 | + | + | – | + | + | – |
| <i>Caragana arborescens</i> Lam. | AS | | | – | – | – | – | – | + |
| <i>Cardamine pratensis</i> L. | 4–5 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Carduus crispus</i> L. | 4–5 | 2 | · | – | – | – | + | – | – |
| <i>Carex hirta</i> L. | 3–4 | 2 | 1 | – | – | + | – | – | – |
| <i>Cerastium semidecandrum</i> L. | 3 | 2 | 1 | – | – | – | – | + | – |
| <i>Chamomilla recurita</i> (L.) Rauschert | AS | | | – | – | – | – | + | – |
| <i>Chelidonium majus</i> L. | 2–5 | 2–3 | · | – | – | – | – | – | + |
| <i>Cornus alba</i> L. | AS | | | – | – | – | + | – | – |
| <i>Corylus avellana</i> L. | 4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Corynephorus canescens</i> (L.) P. Beauv. | 3 | 1 | · | – | – | – | + | + | – |
| <i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC. | 4–5 | 2–3 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. | 4–5 | 2–3 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Dactylis glomerata</i> L. | 4 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Daucus carota</i> L. | 4 | 2 | · | + | – | + | – | – | – |
| <i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P. Beauv. | 4 | 2–3 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin. | 3–4 | 1–2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Dianthus carthusianorum</i> L. | 1–4 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott | 4 | 2 | · | – | – | – | – | – | + |
| <i>Echinops ritro</i> L. | AS | | | – | – | – | + | – | – |
| <i>Epilobium angustifolium</i> L. | 3–5 | 2 | · | – | – | – | – | + | – |
| <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz | 4 | 2 | · | – | – | – | – | – | + |
| <i>Erigeron acris</i> L. | 2–5 | 2 | 1 | + | – | – | – | – | – |
| <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. | 2–4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Erigeron canadensis</i> L. | 3–4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Euonymus verrucosus</i> Scop. | 1–4 | 2 | · | + | – | – | – | – | + |
| <i>Euphrasia rostkoviana</i> Hayne | 4 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Galium verum</i> L. | 4–3 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Hieracium pilosella</i> L. | 2–4 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|-----|-----|---|---|---|---|---|---|----|
| <i>Hippophaë rhamnoides</i> L. | 3–5 | 1 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Holcus mollis</i> L. | 3–4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Humulus lupulus</i> L. | 4 | 2–3 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Hypericum perforatum</i> L. | 4 | 2 | · | – | – | – | + | – | – |
| <i>Juncus articulatus</i> L. | 4–5 | 3 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Juncus conglomeratus</i> L. | 4–5 | 3 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Leontodon autumnalis</i> L. | 4 | 2 | 2 | – | – | + | – | – | – |
| <i>Medicago falcata</i> L. | 2–5 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Medicago lupulina</i> L. | 2–4 | 1–2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Medicago sativa</i> L. | 2–4 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Melilotus alba</i> Medik. | 2–4 | 1–2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench | 3–5 | 2–3 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Oenothera biennis</i> L. | 2–3 | 2 | · | – | – | + | – | + | – |
| <i>Padus avium</i> Mill. | 4–5 | 2 | · | – | – | – | – | – | + |
| <i>Padus serotina</i> (Ehrh.) Borkh. | 3–4 | 2 | · | – | – | + | + | – | + |
| <i>Phalaris arundinacea</i> L. | 3–5 | 2 | · | – | – | – | + | – | – |
| <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. | 3–5 | 2–3 | · | – | – | + | + | + | – |
| <i>Pinus sylvestris</i> L. | 3–4 | 1–3 | · | + | – | + | – | + | + |
| <i>Plantago lanceolata</i> L. | 4 | 3 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Plantago major</i> L. | 3–5 | 2–3 | · | – | – | – | – | + | – |
| <i>Poa pratensis</i> L. | 4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Poa trivialis</i> L. | 4–5 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Polygonum aviculare</i> L. | 2–5 | 1–2 | · | – | – | – | – | + | – |
| <i>Populus tremula</i> L. | 4–3 | 2 | · | – | + | – | – | – | – |
| <i>Potentilla tabernaemontani</i> Aschers. | 1–4 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Prunus spinosa</i> L. | 4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Quercus robur</i> L. | 4 | 2 | · | – | – | + | – | – | + |
| <i>Quercus rubra</i> L. | 3–4 | 2 | · | + | – | + | – | – | + |
| <i>Robinia pseudacacia</i> L. | 2–4 | 2 | · | + | – | – | + | – | + |
| <i>Rosa canina</i> L. | 4 | 2–3 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Rubus caesius</i> L. | 3–4 | 2 | 1 | + | – | + | – | – | – |
| <i>Rubus idaeus</i> L. | 3–4 | 2 | 1 | + | – | + | – | – | – |
| <i>Rumex acetosa</i> L. | 4 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Rumex acetosella</i> L. | 2–4 | 1–2 | · | – | – | + | + | – | – |
| <i>Salix caprea</i> L. | 3–4 | 2 | · | + | – | – | – | + | – |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|----|
| <i>Salix cinerea</i> L. | 3–5 | 3 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Salix pentandra</i> L. | 4 | 3 | · | – | – | – | – | + | – |
| <i>Salix purpurea</i> L. | 2–4 | 1 | · | – | – | + | – | + | + |
| <i>Salix rosmarinifolia</i> L. | 4 | 3 | · | + | – | – | – | + | – |
| <i>Salix triandra</i> L. | 2–4 | 2 | · | – | – | – | – | + | – |
| <i>Sambucus nigra</i> L. | 3–4 | 2 | · | – | – | – | – | – | + |
| <i>Saponaria officinalis</i> L. | 2–4 | 1–2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Scabiosa ochroleuca</i> L. | 3–4 | 2 | 1 | – | – | + | – | – | – |
| <i>Senecio viscosus</i> L. | 3 | · | · | – | – | – | – | + | – |
| <i>Solidago canadensis</i> L. | 2–4 | 2 | · | + | – | + | – | – | – |
| <i>Solidago virgaurea</i> L. | 4–3 | 2 | · | – | – | + | + | – | – |
| <i>Spergula morisonii</i> Boreau | 3 | 2 | · | – | – | – | – | + | – |
| <i>Tanacetum vulgare</i> L. | 4–2 | 2 | · | + | – | – | + | – | – |
| <i>Thymus pulegioides</i> L. | 4 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Trifolium arvense</i> L. | 3–1 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Trifolium pratense</i> L. | 4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Trifolium repens</i> L. | 4 | 2 | · | + | – | – | – | – | – |
| <i>Typha angustifolia</i> L. | 4–3 | 1–2 | · | – | – | + | – | – | – |
| <i>Urtica dioica</i> L. | 3–4 | 2 | · | – | – | – | – | – | + |
| <i>Verbascum nigrum</i> L. | 2 | 2 | · | + | – | – | + | – | – |
| <i>Vicia cracca</i> L. | 4 | 2 | · | – | – | + | – | – | – |

Экологические показатели: *D* – показатель гранулометрического состава почвы (1 – скалы и скальные трещины, 2 – гравий, 3 – песок, 4 – илы и пылеватые отложения, 5 – суглинки и глины); *H* – показатель содержания органического вещества (1 – почвы бедные гумусом, 2 – минерально-гумусовые почвы, 3 – почвы богатые органическим веществом, · – неопределенный); *M* – показатель устойчивости к повышенному содержанию тяжелых минералов в почве (1 – виды, устойчивые к повышенному содержанию тяжелых минералов, 2 – виды, нуждающиеся в повышенном содержании тяжелых минералов, · – неопределенный); *AS* – чуждые виды. Зоны представлены на рис. 1.

Wskaźniki ekologiczne: *D* – wskaźnik granulometryczny gleby (1 – skały i szczeliny skalne, 2 – rumosz skalny, żwir, 3 – piasek, 4 – gliny piaszczyste i utwory pylaste, 5 – gliny ciężkie i iły); *H* – wskaźnik zawartości materii organicznej (1 – gleby ubogie w humus, 2 – gleby mineralno-próchniczne, 3 – gleby bogate w materię organiczną, · – nieokreślony); *M* – wskaźnik odporności na zwiększoną zawartość metali ciężkich w glebie (1 – gatunki tolerujące zwiększoną zawartość metali ciężkich, 2 – gatunki wymagające zwiększonej zawartości metali ciężkich, · – nieokreślony); *AS* – gatunki obce. Strefy przedstawia rys. 1.

Процесс экологической сукцессии на территории исследований иницирует, в основном, *Calamagrostis epigejos*. Этот высокий злак отличается очень широким экологическим спектром. Его обширная корневая система способствует поглощению питательных элементов не только из субстрата, но также из атмосферных осадков. Процесс быстрого заселения местности особями данного вида приводит к задернованию поверхности почвы, что,

в свою очередь, тормозит развитие других видов растений. *C. epigejos* отличается жизненной стратегией вегетативного типа, которая способствует его быстрому разрастанию на значительных пространствах.

Растительность

В результате исследований, проведенных на данном золоотвале, предварительно выявлено 96 видов сосудистых растений (табл. 1). Самое большое количество таксонов принадлежит к семействам: *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Caryophyllaceae*, а также к некоторым другим. Биологический спектр флоры составляют гемикриптофиты (рис. 2). По световым и термическим условиям таксоны не отличаются большой дифференциацией (рис. 3). Экологические требования видов относительно гранулометрического состава (*D*), гумуса (*H*), а также их устойчивость к содержанию тяжелых металлов в субстрате (*M*) представлены в табл. 1. Она также детально характеризует наличие отдельных видов во всех выявленных зонах исследуемого объекта.

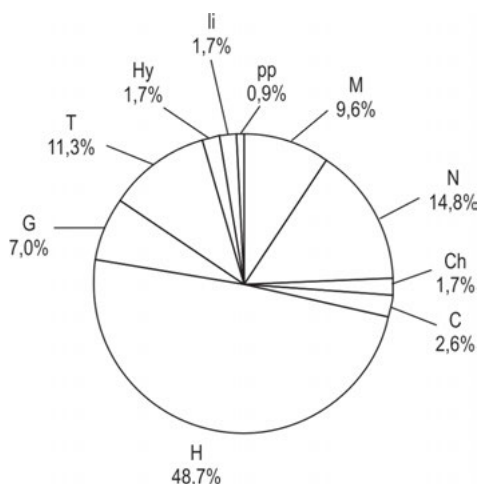


Рис. 2. Жизненные формы растений:

М – мегафанерофиты, **Н** – нанофанерофиты, **Ch** – деревянистые хамефиты, **С** – травянистые хамефиты, **Н** – гемикриптофиты, **Г** – геофиты, **Т** – терофиты, **Hy** – гидрофиты, **li** – лианы, **pp** – полупаразиты

Rys. 2. Formy życiowe roślin:

M – megafanerofity, **N** – nanofanerofity, **Ch** – chamefity drzewiaste, **C** – chamefity zielne, **H** – hemikryptofity, **G** – geofity, **T** – terofity, **Hy** – hydrofity, **li** – liany, **pp** – półpasozyty

В связи с мозаичностью биотопов, в границах данного золоотвала, наблюдается присутствие видов, характерных для многих синтаксономических единиц на уровне классов, отрядов и союзов. В пределах классов имеются виды, принадлежащие к: *Quercetea robori-petraea*, *Vaccinio-Piceetea*, *Rhamno-Prunetea*, *Phragmitetea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Festuco-Brometea*. Флора представлена также рядом отрядов (*Arrhenatheretalia*, *Molinietalia caerlueae*, *Epilobietalia angustifolii*, *Plantaginetalia majoris*, *Polygonion avicularis*) и союзов (*Alno-Ulmion*, *Dicrano-Pinion*, *Pino-Quercion*).

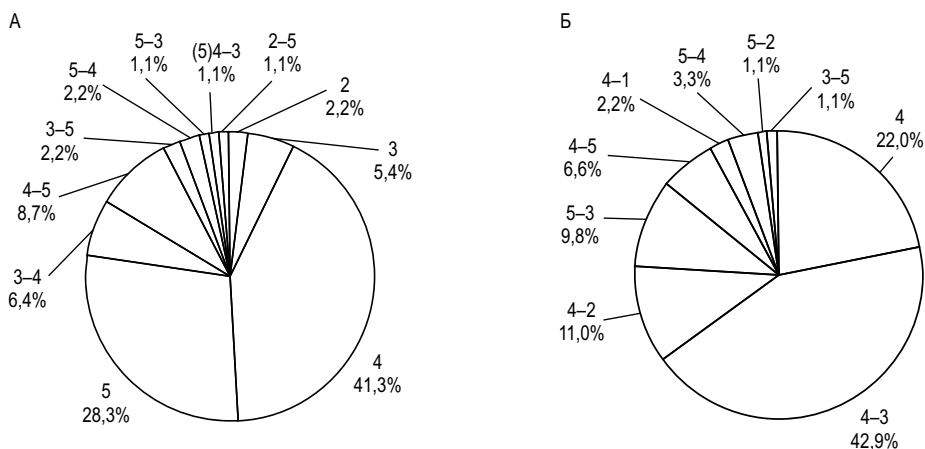


Рис. 3. Показатели световой (А) и термической (Б):

световой показатель: 2 – умеренная тень, 3 – полутень, 4 – умеренный свет, 5 – полный свет; термический показатель: 1 – наиболее холодные климатические условия, 2 – умеренно холодные условия, 3 – умеренно прохладные климатические условия, 4 – умеренно теплые климатические условия, 5 – наиболее теплые участки и микробиотопы

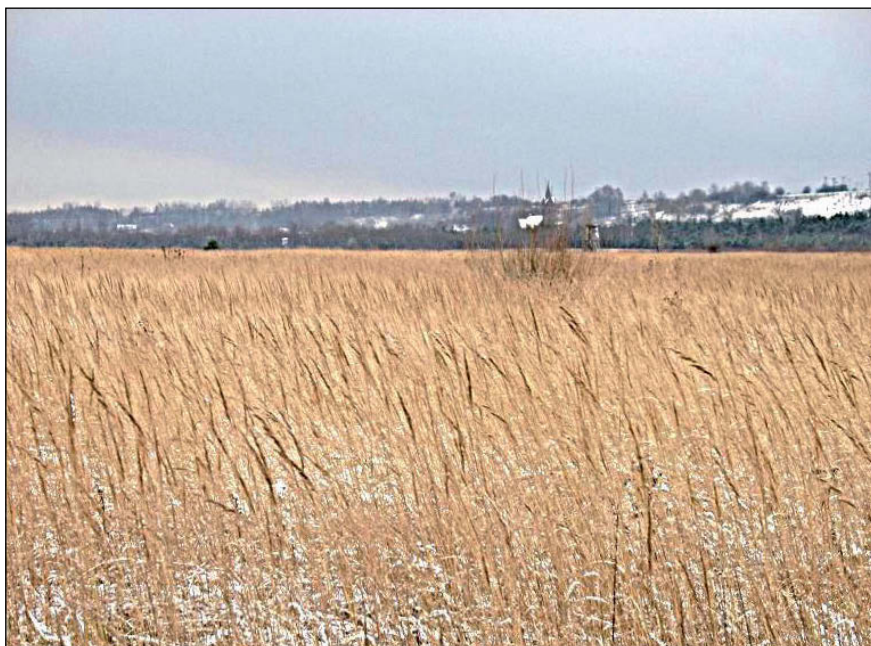
Рис. 3. Wskaźniki świetlny (А) i termiczny (Б):

wskaźnik świetlny: 2 – umiarkowany cień, 3 – półcień, 4 – umiarkowane światło, 5 – pełne światło; wskaźnik termiczny: 1 – najzimniejsze warunki klimatyczne, 2 – obszary umiarkowanie zimne, 3 – umiarkowanie chłodne warunki klimatyczne, 4 – umiarkowanie ciepłe warunki klimatyczne, 5 – najcieplejsze regiony i mikrosiedliska

Многочисленные виды характерны также для различных растительных сообществ, например: *Spergulo-Corynephoretum* (*Corynephorus canescens*, *Spergula morisonii*), *Diantho-Armerietum* (*Dianthus carthusianorum*), *Leucobryo-Pinetum* (*Deschampsia flexuosa*), *Arctio-Artemisietum* (*Artemisia vulgaris*, *Arctium lappa*).

Особенного внимания заслуживает крупноплощадное распространение ассоциации *Calamagrostietum epigeji* – одновидовой агрегации. Благодаря своей экологической пластичности, данный злак очень хорошо развивается даже в столь экстремальной среде. В рамках данной ассоциации другие виды сосудистых растений встречаются редко (фото 1).

Некоторую автономную зону в пределах исследуемой территории образует скопление деревьев между восточным валом главного отстойника и руслом р. Пшемши (табл. 1). Древостой слагают в основном: *Pinus sylvestris*, *Quercus rubra*, *Q. robur*, *Caragana arborescens*, *Betula pendula*, *Robinia pseudacacia*, *Alnus glutinosa*, которым сопутствуют: *Euonymus verrucosus*, *Padus serotina*, *P. avium*, *Sambucus nigra* oraz *Salix purpurea*. Это искусственное насаждение флористически очень бедное. Поодиночке здесь растут также: *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Chelidonium majus*, *Urtica dioica*. Следует подчер-



Фот. 1. Осенний аспект ассоциации *Calamagrostietum epigeji* (фот. О. Рахмонов)

Fot. 1. Zespół *Calamagrostietum epigeji* jesienią (fot. O. Rahmonov)

кнуть наличие нескольких особей охраняемого вида семейства *Orchidaceae* – *Eipactis helleborine*. Данный вид на территории Силезского воеводства находится под угрозой исчезновения (Pagusel, Wika, Bula, 1996). Поверхность почвы описываемого скопления древесной растительности покрыта довольно мощным слоем органики, главным образом, дубовой листвы и хвои сосны.

Свойства техногенных почв

Материнская порода отличается исключительно техногенным характером и представляет собой смесь золы и горношахтных отходов. Такой субстрат не является благоприятным биотопом для большинства живых организмов из-за своего химического (табл. 2) и гранулометрического состава (рис. 4).

На значительных участках исследуемого объекта, и прежде всего, в пределах действующего отвала почвенный покров отсутствует. В остальных местах почвенный покров отличается ажурным характером. Гумусовые горизонты почв дифференцированы по мощности и степени разложения органического вещества, особенно под искусственными насаждениями с *Robinia pseudacacia* и *Padus serotina* (фот. 3). Морфологическая характеристика почв представлена в табл. 3.

Физико-химические свойства золы
на отвале (Maciak, 1983)

Właściwości fizykochemiczne popiołów
na składowisku (Maciak, 1983)

ТАБЛИЦА 2

TABELA 2

| Избранные химические свойства | | |
|--------------------------------|------------------------|-------|
| pH | в H ₂ O | 9,40 |
| | в KCl | 8,80 |
| Потери при обжиге | процент сухой массы | 4,20 |
| Свежий пепел | | 95,80 |
| Чистый пепел | | 13,65 |
| SiO ₂ | | 82,15 |
| Nt | | 0,03 |
| K ₂ O | | 0,09 |
| Na ₂ O | | 0,08 |
| CaO | | 4,93 |
| MgO | | 1,41 |
| Fe ₂ O ₃ | | 3,15 |
| Al ₂ O ₃ | | 17,37 |
| P ₂ O ₅ | | 0,02 |
| S | | 0,4,0 |
| Тяжелые металлы | | |
| Cu | ppm | 50 |
| Mn | | 413 |
| Zn | | 231 |
| Pb | | 24 |
| Cr | | 116 |
| Ni | | 74 |
| Прочие | | |
| B | ppm | 21.5 |

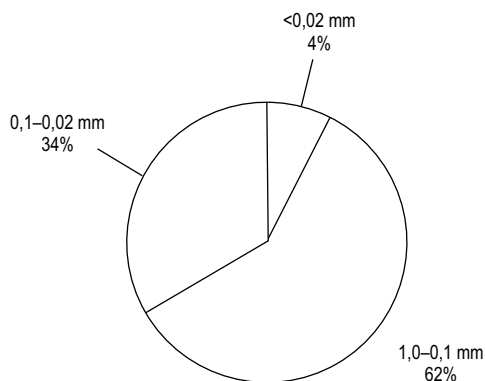


Рис. 4. Гранулометрический состав
зола (Maciak, 1983)

Rys. 4. Skład granulometryczny po-
piółów (Maciak, 1983)



Фот. 2. Почвенный профиль № 1 (фот. О. Рахмонов)

Fot. 2. Profil glebowy nr 1 (fot. O. Rahmonov)



Фот. 3. Почвенный профиль № 2 (фот. О. Рахмонов)

Fot. 3. Profil glebowy nr 2 (fot. O. Rahmonov)

Анализируемые почвенные профили отличаются типично антропогенным характером (фот. 2 и 3) и на данном этапе развития даже не образуют органических горизонтов (O). Поэтому, при их морфологическом описании (табл. 3) употреблялся термин *слой*.

Морфологическая характеристика почв

Charakterystyka morfologiczna gleb

ТАБЛИЦА 3

TABELA 3

| Номер профиля | Глубина залегания слоя [см] | Описание профиля | Замечания |
|------------------|-----------------------------------|--|-----------|
| 1 | 0–15 | сыпучий материал, гумусированный (аллохтонный слой – искусственно сформированный в связи с процессом рекультивации), без корней | фот. 2 |
| | <15 | разнозернистый материал, плотный, крошки угля и выветрелых сланцев, корни только в мелкозернистой фракции, цвет рыжий до бурого | |
| 2 | 0–15 | плотный материал схожий с гумусом типа <i>mull</i> , в пределах данного слоя выделяется инициальный органический горизонт (O1), мощностью 2 см, корневая система поверхностного характера (лишь в данном слое) | фот. 3 |
| | <15 | плотный слой горношахтных отходов | |

По международной классификации почв исследуемые почвы относятся к *Urban soils*, *Mine soils* и *Technogenic Superficial Formations* (*World reference base for soil resources*, 2006).

Обсуждение результатов

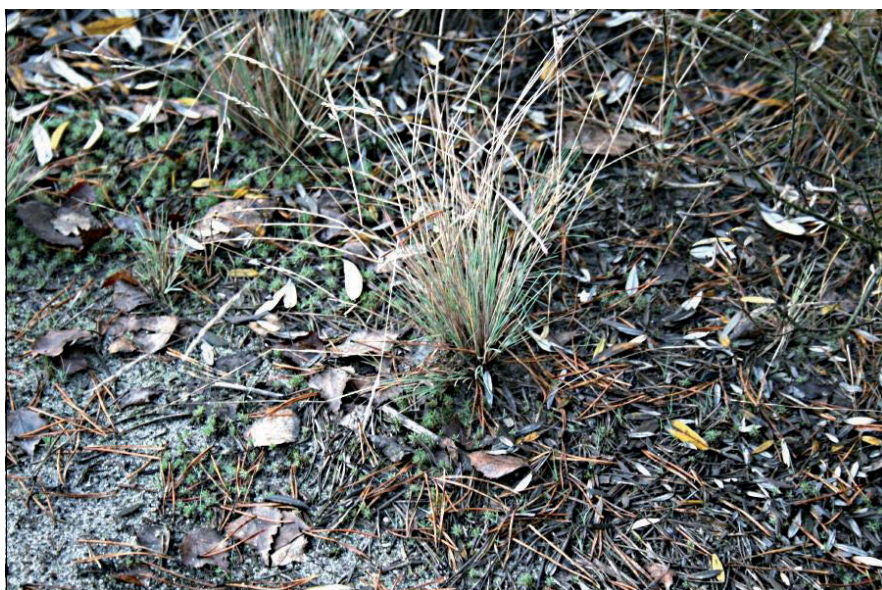
Процессы экологической сукцессии и развитие почв на техногенно деградированных территориях определяются характером субстрата и характером его нарушения. Как уже упоминалось, сукцессию в чертах отстойников инициирует и обуславливает *Calamagrostis epigejos*. Вхождение других видов растений происходит исключительно в нишах, в которых нет конкуренции, а также на подмокших участках, где *C. epigejos* просто не растет.

Валы, окаймляющие золоотвал, закреплены как деревьями, кустарниками, так и травянистой растительностью. Здесь присутствие *Calamagrostis epigejos* ничтожное и этот вид не создает дерновых пучков. В связи с этим, в данной зоне наблюдается значительная видовая дифференциация растительности в сравнении с остальными зонами золоотвала (табл. 1). Сходные результаты получены Г. Возняк (Woźniak, 2001, 2006).



Фот. 4. Насаждения с *Robinia pseudacacia* (фот. Т. Парусель)

Fot. 4. Nasadzenia z udziałem *Robinia pseudacacia* (fot. T. Parusel)



Фот. 5. *Corynephorus canescens* (фот. Т. Парусель)

Fot. 5. *Corynephorus canescens* (fot. T. Parusel)

На исследуемой территории выделенные зоны характеризуются наличием собственных эдификаторов и, в связи с этим, в большей или меньшей степени различаются между собой. В зоне «железная дорога–вал» (I) – сухой и солнечной – сомкнутое сообщество формируют *Rubus fruticosus-Prunetum spinosae* с почти полным видовым составом. В данной зоне встречаются группы деревьев, а на открытых пространствах – лугово-кустарниковые экосистемы. На поверхности наблюдаются многочисленные микроуглубления и микробугорки, наличие которых влияет, определенным образом, на видовой состав и типы растительных сообществ (табл. 1).

На значительных пространствах встречаются антропогенные насаждения с преобладанием *Robinia pseudacacia* (фот. 4), а местами с примесью *Padus serotina* (фот. 5). Данные виды, учитывая их быстрый рост и относительно небольшие биотопные требования, повсеместно используются в процессах биологической рекультивации деградированных территорий. Особую роль в этом отношении выполняет *R. pseudacacia*, способная симбиотически усваивать (азотофиксирующие бактерии) атмосферный азот. Искусственные насаждения с наличием этого вида повсеместно встречаются на территории всей Европы (Boring, Swank, 1984; Dzwonko, Loster, 1996). Молодые особи *R. pseudacacia* характеризуются очень быстрым ростом, что приводит к значительному повышению содержания азота в почве, которым могут пользоваться и другие виды деревьев, кустарников и травянистых растений. Наличие *R. pseudacacia* способствует формированию специфических растительных сообществ, сложенных местными и интродуцированными видами, в основном нитрофитными. Данное влияние усиливается на наиболее бедных субстратах, в том числе, и на деградированных территориях. Важной чертой *R. pseudacacia* является также ее способность к вегетативному росту в виде формирования многочисленных корневых отростков (Dzwonko, Loster, 1996; Rahmonov, 2009). Это способствует быстрому заселению новых пространств, что используется в рекультивационной практике.

В пределах фрагментов открытых участков главной чаши золоотвала сосудистая растительность практически не развивается. Здесьние экстремальные биотопные условия выдерживает только споровая растительность. Тут формируются мшистые дерновины с наличием *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*, а также представителей лишайников рода *Cladonia* spp. Кроме того, выявлена отчетливая пленка водорослей, образующих в летний период плотную корку. Среди сосудистых растений обнаружено наличие лишь семян *Corynephorus canescens* и *Rumex acetosella* второго поколения. Несмотря на выпадение снега и отрицательные температуры воздуха в зимний период, данные участки отчасти лишены снежного покрова. Это, вероятно, связано с самонагревом субстрата вследствие термических процессов, происходящих в горношахтных отходах, используемых при рекультивации анализируемого отстойника.

На действующем отвале развиваются, в основном, пионерные виды, отличающиеся анемохорическим способом рассеивания: *Corynephorus canescens*, *Pinus sylvestris*, *Salix purpurea*, *S. rosmarinifolia*. На данной территории довольно серьезным препятствием для развития растений является также запыление воздуха, способствующее затыканию устьиц и засыпанию их ассимиляционного аппарата в целом. В летний период здесь часто имеют место небольшие пыльные бури. В таких местах формируется, прежде всего, ассоциация *Corynephorum canescentis* с почти полным видовым составом (Rahmonov, Oleś, 2010; фот. 6).

На участках, непосредственно примыкающих к действующему отстойнику (рис. 1), формируется ассоциация *Phragmitetum australis*. Максимальная высота особей *Phragmites australis* достигает 3 м. Уровень воды в отстойнике нестабильный и зачастую изменяется, что оказывает влияние на биоценозы (Rahmonov, Wach, 2002).

Морфологическая и химическая дифференциация почв связана с их антропогенным характером. На исследуемом участке установлен локальный нагрев горношахтных отходов, что безусловно влияет на процессы формирования почв. Наблюдается также доминирование водорослей, грибов, лишайников и мохообразных по отношению к сосудистой растительности. Наличие первых связано с их способностью приспосабливаться к экстремальным биотопам.

Выводы

1. Выявлено влияние дифференциации форм и микроформ рельефа на тип формирующейся растительности в отдельных зонах золоотвала теплоэлектростанции Явужно III.
2. Процессы экологической сукцессии на субстрате, сложенном золой и горношахтными отходами, инициирует, в основном, *Calamagrostis epigejos*, выполняя одновременно функцию эдификатора в похожих ландшафтах.
3. Дифференциация флоры золоотвала на данной стадии сукцессии обусловлена наличием неиспользуемых экологических ниш и – одновременно – отсутствием межвидовой конкуренции.
4. Среди видов сосудистых растений встречаются, в основном, пионерные таксоны, а также виды, отличающиеся широким экологическим спектром. В связи с этим, формирующиеся растительные сообщества не указывают однозначно на финальное направление экологической сукцессии на данной территории.

5. Образующаяся почва отличается исключительно антропогенным характером и на данной стадии развития ее свойства не оказывают влияния на живые организмы (растительность и животные); свойства почв предопределены особенностями субстрата. Аллохтонные почвы золоотвала представляют собой результат рекультивации.
6. Учитывая экологические особенности комплекса золоотвалов теплоэлектростанции Явожно III, авторы статьи предлагают использовать его в качестве исследовательского полигона для изучения формирования экологических отношений между организмами в пределах территорий, подверженных интенсивному антропогенному воздействию со значительной деградацией естественной среды.

Литература

- Boring L.R., Swank W.T., 1984: The role of black locust (*Robinia pseudoacacia*) in forest succession. *Journal of Ecology*, 72, c. 749–766.
- Czylok A., Gądek B., Tyc A., 2002: *Przyroda Mysłowic. Przewodnik przyrodniczy po mieście Mysłowice*. Mysłowice, Wydawnictwo Urzędu Miasta, c. 143.
- Drużkowski M., Górski A., Loster S., Medwecka-Kornaś A., 1977: Warunki siedliskowe i flora zwałowiska popiołu w Skawinie. Kraków, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, c. 31–69.
- Dzwonko Z., Loster S., 1996: Wpływ dominujących gatunków drzew i antropogenicznych zaburzeń na wtórną sukcesję i różnicowanie roślinności w podmiejskim krajobrazie Krakowa. *Ochrona Przyrody*, 53, c. 3–17.
- Kondracki J., 2009: *Geografia regionalna Polski*. Warszawa, WN PWN, c. 468.
- Łączny J.M., Adamski M., 2002: Model matematyczny oddziaływania składowisk odpadów energetycznych na środowisko. Wrocław–Warszawa–Kraków, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, c. 106.
- Maciak F., 1983: Rekultywacja terenów składowisk popiołów elektrowniowych. W: *Materiały Sympozjum nt. „Ochrona i rekultywacja zasobów glebowych”*. Warszawa, c. 1–12.
- Matuszkiewicz W., 2008: *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, c. 540.
- Oleś W., Rahmonov O., 2002: The industrial dumping site „Brzozowice” in Będzin as an example of forest-park reclamation. In: *Regional aspects of land use*. Ed. V.N. Andrejczuk, V.P. Korzhyk. Chernivtsy–Sosnowiec, University of Silesia, c. 135–139.
- Oleś W., Rahmonov O., Rzętała M., Malik I., Pytel S., 2004: The ways of industrial wastelands management in the landscape of Silesian Region. *Ekologia [Bratislava]*, 23, c. 244–251.
- Parusel J.B., Wika S., Bula R., 1996: Czerwona lista roślin naczyniowych Górnego Śląska. Katowice, Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska, c. 58.
- Rahmonov O., 2009: The chemical composition of plant litter of black locust (*Robinia pseudacacia* L.) and its ecological role in sandy ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 29, c. 237–243.
- Rahmonov O., 2010: The significance role of plants: as ecological engineers in the regeneration of destroyed sandy ecosystems by human impacts. W: *„Geographia. Studia et Dissertationes”*. T. 32. Red. T. Szczypek. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, c. 57–69.

- Rahmonov O., Kowalski W.J., Bednarek R., 2010a: Characterization of the soil organic matter and plant tissues in an initial stage of plant succession and soil development by means of Curie-point pyrolysis coupled with GC-MS. *Eurasian Soil Science*, 43, 13, c. 1557–1568.
- Rahmonov O., Oleś W., 2010: Vegetation succession over an area of a medieval ecological disaster. The case of the Błędów Desert, Poland. *Erdkunde*, 64, 3, c. 241–255.
- Rahmonov O., Parusel T., Szymczyk A., 2010b: The development of ecological systems in the area transformed by human impact (settling ponds of „Jan Kanty” black coal mine). *Anthropogenic aspects of landscape transformations*, 6, c. 88–95.
- Rahmonov O., Wach J., 2002: Functioning of the Biała Przemsza river valley within the depression cone in the Błędów Desert (Southern Poland). *Anthropogenic aspects of landscape transformations*, 2, c. 51–57.
- Rostański A., 2006: Spontaniczne kształtowanie się pokrywy roślinnej na zwałowiskach po górnictwie węgla kamiennego na Górnym Śląsku. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 230 c.
- Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych z dnia 3 lutego 1995 r. *Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej*, nr 121, poz. 1266.
- Ustawa – Prawo geologiczne i górnicze z dnia 4 lutego 1994 r. *Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej*, nr 228, poz. 1947.
- World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 132 c.
- Woźniak G., 2001: Flora roślin naczyniowych osadników ziemnych wód kopalnianych – nieużytków poeksploatacyjnych na Górnym Śląsku. Katowice, Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska, 48 c.
- Woźniak G., 2006: Colonization process on coal mine sedimentation pools (Upper Silesia, Poland). *Polish Botanical Studies*, 22, c. 561–568.
- Zarzycki K., Trzcńska-Tacik H., Różański W., Szeląg Z., Wołek J., Korzeniak U., 2002: Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. Kraków, Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, 183 c.

Oimahmad Rahmonov, Tadeusz Szczypek, Tomasz Parusel

KSZTAŁTOWANIE SIĘ EKOSYSTEMÓW NA TERENACH ANTROPOGENICZNIE PRZEKSZTAŁCONYCH (NA PRZYKŁADZIE SKŁADOWISKA POPIOŁÓW ELEKTROWNI CIEPLNEJ)

Streszczenie

Obszary objęte intensywną działalnością człowieka charakteryzują się znacznym stopniem degradacji środowiska przyrodniczego; niejednokrotnie wszystkie jego komponenty ulegają przekształceniu. Całkowite zniszczenie pierwotnej roślinności oraz pokrywy glebowej wskutek ludzkiej działalności, jako najbardziej drastyczny przykład takich przekształceń prowadzących do zaburzeń funkcjonowania ekosystemów, obserwuje się przede wszystkim w południowej części Polski. Jednym z takich terenów jest składowisko popiołów Elektrowni „Jaworzno III”. Badania obejmowały aspekty geobotaniczne i ekologiczne terenu badań, a ich wyniki wskazują na zróżnicowanie roślinności, bezpośrednio związane z mozaiką siedlisk i mikrosiedlisk. Stwierdzono także szeroki zakres zróżnicowania wymagań ekologicznych gatunków występujących na tym ekstremalnym siedlisku. Geobotaniczna analiza flory wskazuje na przynależność taksonów do różnych grup syntakso-

nomicznych. Kierunek sukcesji roślinności zależy od mikrorzeźby oraz składu granulometrycznego i właściwości fizykochemicznych podłoża. Gleby składowiska mają genezę wybitnie antropogeniczną, skała macierzysta składa się z popiołów elektrownianych oraz odpadów pogórnictwa.

Oimahmad Rahmonov, Tadeusz Szczepke, Tomasz Parusel

DEVELOPMENT OF ECOSYSTEMS
IN THE AREAS TRANSFORMED BY HUMAN IMPACT –
ASH LANDFILL OF POWER STATION

Summary

Areas under influence of intensive human activity are often characterized by a great degree of the natural environment degradation. Each component of the environment undergoes remodeling. The complete destruction of primary vegetation and soil cover in result of human activity is the most drastic example of leading to disturbances of ecosystems functioning as the whole was observed in south part of Poland. Investigations in this area included geobotanical and ecological investigation in term of ecological restoration. The result shows the diversity of vegetation which linked directly with mosaic of habitats and micro-habitats. Also noticed the wide ecological requirement of species in extreme environment. Geobotanical analysis of species shows the belonging taxons to different syntaxonomical groups. The soil has anthropogenic genesis and parent rock consist from post power ash. The ways of succession is various in depend of relief and granulometric composition of medium. The rate of vegetation development also conditioned by retention of in soil.